Die Oberflächengestaltung der schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen.

Inaugural-Dissertation

der hohen

philosophischen Fakultät der Kgl. Universität Breslau

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt

und mit ihrer Genehmigung veröffentlicht

von

Erich Obst,

wissenschaftlicher Hilfsarbeiter am Kolonialinstitut Hamburg
(Seminar für Geographie) aus Steglitz bei Berlin.

ACAD. LAGUNAR BIBL.

Freitag, den 21. Mai 1909, Mittags 12 Uhr

im Musiksaal der Universität

Vortrag:

„Die klimatischen Verhältnisse Afrika's"

und

Promotion.

Breslau 1909.
Druck und Verlag H. Fleischmann

Gedruckt mit Genehmigung der hohen philosophischen Fakultät der Kgl. Universität Breslau.

Referent: Prof. Dr. **Supan**.

Meinen lieben Eltern

in herzlichster Dankbarkeit

gewidmet.

Die vorliegende Dissertation stellt nur ein Kapitel einer grösseren Abhandlung dar, die in den „Mitteilungen der geographischen Gesell schaft in Hamburg“ erscheinen wird.

Die Verwitterung der Kreidesandsteine.

Unter Verwitterung verstehen wir die Gesamtheit aller Zerfallerscheinungen des festen Gesteins, welche durch die Einwirkung der Atmosphärilien und der Organismen herbeigeführt werden.

Wollen wir nun einen Einblick gewinnen in die Verwitterungsvorgänge, welche sich in dem Sandstein vollziehen, so ist es notwendig, zunächst die chemische Zusammensetzung dieser Gesteine, ihre Strukturverhältnisse sowie ihre sonstigen physikalischen Eigenschaften kennen zu lernen. — Die Sandsteine setzen sich aus zwei Bestandteilen zusammen, einem körnigen Gemengteil, der, abgesehen von etwaigen accessorischen Beimengungen, aus reinem Quarz besteht, und aus mikrogranulösen Substanzen, die bald kalkiger, mergeliger, bald toniger oder kieseliger Natur sind und die Zwischenräume zwischen den einzelnen Quarzkörnchen mehr oder minder vollständig ausfüllen. Unterziehen wir nun die Sandsteine einer Analyse, so wird es uns in der Tat gelingen, die einzelnen Substanzen von einander zu trennen; wir können dann angeben, wieviel Prozent Kieselsäure, wieviel Tonerde, Kalk usw. in den Gesteinen enthalten sind; trotzdem werden wir enttäuscht werden, wenn wir annehmen, dass diese chemische Untersuchung uns wertvolle Aufschlüsse über die Bedingungen der Verwitterung der Sandsteine geben wird. Selbst die umfangreichste Analyse vermag nicht, diese Erwartungen zu erfüllen.

Es ist das unbestreitbare Verdienst Hirschwalds[1]), die Unzulänglichkeit der chemischen Analyse für die Unter-

[1]) Hirschwald: Prüfung der natürlichen Bausteine, Berlin 1908.

suchung der Verwitterung der Sandsteine ausführlich dargestellt zu haben. Er fand nämlich, dass bei den Sandsteinen ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Prozentualgehalt an Kieselsäure und Bindemittelsubstanz auf der einen und Verwitterbarkeit auf der anderen Seite nicht besteht. Obwohl doch der Quarz ein Mineral ist, das den Einwirkungen der Atmosphärilien selbst in geologischen Zeiträumen auf das vollkommenste Widerstand zu leisten vermag, beobachtete er Sandsteine mit hohem Kieselsäuregehalt, die trotzdem schnell verwitterten. Und auf der anderen Seite konnte er feststellen, dass sich gelegentlich Sandsteine mit einem relativ geringen Kieselsäuregehalt und einem prozentual hohen Bindemittelgehalt bisweilen als sehr wetterbeständig erwiesen, selbst wenn das Bindemittel aus lockerem, pulverförmigen Kaolin bestand.

Die mikroskopische Untersuchung lieferte nun die Lösung dieses eigenartigen Problems. Der Zusammenhang der körnigen Bestandteile des Sandsteins wird nämlich noch auf eine andere Weise als durch jene Bindemittelsubstanz bewirkt. Bei der Mehrzahl der festen Sandsteine erkennt man an Dünnschliffen, dass die Quarzkörnchen durch eine Ueberrindung von reiner Quarzmasse miteinander verwachsen sind, während das tonige, kalkige oder mergelige Bindemittel nur die Hohlräume ausfüllt, welche durch das Zusammenwachsen der Quarzkörner entstehen[1]). Hirschwald schlägt für diese Ueberrindung den Namen Kontaktzement vor, während er das „Bindemittel“ als Porenzement bezeichnet. Fehlt das Kontaktzement vollkommen, so dass die einzelnen Quarzkörnchen in dem Bindemittel gleichsam schwimmen, so nennt Hirschwald diese Erscheinung Basalzement. In diesem Falle ist vor allem der Silifizierungsgrad des Bindemittels zu berücksichtigen, welcher bei derartigen Sandsteinen dann geradezu als das wichtigste Kriterium der Wetterbeständigkeit zu betrachten ist und den Mangel an einem kieseligen Kontaktzement durchaus ersetzen kann. —

[1]) Hirschwald: a. a. O. Seite 253.

Nach diesen Darstellungen werden wir nun leicht den Mangel einer chemischen Analyse erkennen: sie vermag zwar, den gesamten Kieselsäuregehalt eines Sandsteins anzugeben, sie ist aber nicht imstande, die Kieselsäure, die als Kontaktzement oder Infiltrationssubstanz des Bindemittels auftritt, von der Kieselsäure der Quarzkörnchen zu trennen. Und hierin ist eben ihre Unzulänglichkeit begründet: denn gerade die Trennung der den verschiedenen strukturellen Bestandteilen des Gesteins angehörigen Kieselsäuremengen würde eine chemische Untersuchung erst wirklich lohnend machen, und hierzu reichen leider die bisherigen analytischen Methoden nicht aus.

Von der grundlegenden Untersuchung Hirschwalds ausgehend, dürfte es uns daher nicht genügen, die Sandsteine der Kreideformation lediglich zu analysieren, sondern es stellte sich gleichzeitig die Notwendigkeit heraus, sie auch mikroskopisch zu untersuchen [1]).

Von den cenomanen Sandsteinen erschien eine ausführliche chemische Analyse allerdings aus mehreren Gründen nicht ratsam und lohnend. Einmal besitzen die cenomanen Ablagerungen, wie wir im ersten Abschnitt gesehen, nur geringe oberflächliche Verbreitung und sind eigentlich nur in den Randerhöhungen der Adersbach-Weckelsdorfer Mulde von Einfluss auf die Oberflächenform. Andererseits aber weisen die cenomanen Sandsteine an ganz benachbarten Punkten bereits makroskopisch so grosse Unterschiede auf, dass eine Probe dieses Gesteins noch viel weniger wie bei allen anderen Sandsteinen uns einen allgemeinen Begriff von der Zusammensetzung der ganzen Stufe geben würde. — Daher

[1]) Ich möchte an dieser Stelle nicht verfehlen, Herrn Dr. Lindner und Herrn Dr. Wysogorski meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Bei den mineralchemischen Untersuchungen, die ich in der mineralchemischen Abteilung des Mineralogischen Instituts der Universität Breslau ausführen durfte, hatte Herr Dr. Lindner die Güte, mich anzuleiten und zu unterstützen. Herr Dr. Wysogorski half mir in überaus liebenswürdiger Weise in der Bestimmung der mikroskopischen Eigenschaften der Gesteine. Beiden Herren bin ich zu grossem Dank verpflichtet.

wurde von einer Analyse des cenomanen Sandsteins abgesehen. Das Gestein dieser Stufe ist ein rötlicher, gelblicher, brauner oder grauer Quarzsandstein von mittlerem, selten feinem Korn. Er zeichnet sich vor allem durch das reichliche tonige Bindemittel aus, welches die einzelnen Quarzkörnchen von allen Seiten umhüllt, so dass es hier durchaus angebracht ist, von Basalzement im Sinne Hirschwalds zu sprechen. Einzelne Schichten werden gekennzeichnet durch ihren Reichtum an Glaukonitkörnchen, welche eine mehr oder weniger intensive Grünfärbung zur Folge haben. An anderen Stellen geht dieser cenomane Sandstein in eine rötliche Arkose über, die aufs deutlichste das aufgearbeitete Rotliegende erkennen lässt. Auch konglomeratische Lagen stellen sich hin und wieder ein.

Im Gegensatz zu dem Cenoman mit seinem reichlichen tonigen Bindemittel zeichnen sich die turonen Sandsteine, wie man bereits mit blossem Auge erkennen kann, durch ein deutliches Zurücktreten des Bindemittels aus. — Varietäten von mittlerem Korn herrschen hier durchaus vor, wenngleich ein Feinerwerden des Korns in einzelnen Bänken nicht zu verkennen ist. Andererseits treten gelegentlich auch in dieser Stufe Lagen mit Quarzgeröllen bis zu Haselnussgrösse auf[1]). In Bezug auf den Eisengehalt des Bindemittels schwankt das Gestein vielfach und innerhalb weiter Grenzen. Häufig finden wir parallele Lagen besonders eisenschüssiger Substanzen, die an anderen Stellen in schrägen, nicht selten senkrechten Blättern (Schlieren) oder auch in kugeligen Gebilden das Gestein durchsetzen. Im Wünschelburger Steinbruch endlich findet sich die Exogyra columba in so massenhafter Anhäufung, dass man förmlich von Exogyren-Bänken sprechen muss. Dieselbe Erscheinung berichtet übrigens R. Beck aus der Sächsischen Schweiz[2]). Ebenfalls im Wünschelburger Steinbruch sind

[1]) Käsebrettplateau, Felspartie an den Sieben Kammern (Wünschelburger Lehne.)

[2]) R. Beck: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königsreichs Sachsen, Sektion Königstein-Hohenstein, Blatt 84 Seite 10.

eigentümliche, offenbar minerogene Bildungen zu beobachten. Es finden sich dort Sandsteinkugeln von einem Durchmesser von 10—25 cm, welche in verschiedenen Schichten des mittelturonen Sandsteins regellos verteilt sind. Häufig sind diese Kugeln durch eine wenige mm starke Schicht lockeren Sandes von dem sie umgebenden Sandstein getrennt, so dass sie dann leicht herauszubekommen sind. In anderen Fällen fehlt diese Zwischenschicht wiederum, so dass die Kugeln fest eingelagert sind. Diese Kugeln zeichnen sich durch grosse Härte aus; beim Betupfen mit Salzsäure konnte ich bei den acht untersuchten Kugeln nur einmal ein schwaches Aufbrausen bemerken, so dass man in diesem Falle wohl auf ein Bindemittel von Kalkcarbonat schliessen kann. Derartige Sandsteinkugeln sind meines Wissens aus den schlesisch-böhmischen Kreideablagerungen und auch aus der Sächsischen Schweiz noch nicht beschrieben worden. In Westdeutschland aber haben A. v. Koenen[1]) und seine Schüler[2]) sie wiederholt beobachtet, und zwar in den verschiedensten Formationen, so dass es sich keineswegs um eine Eigentümlichkeit nur des Kreidesandsteins zu handeln scheint.

Zur Untersuchung gelangten drei Proben des mittelturonen Sandsteins, von denen die ersten zwei der Wünschelburger Lehne entstammen, während die letzte der Sandsteininsel von Goldbach-Utschendorf entnommen wurde.

Probe I der Wünschelburger Lehne ergab folgende chemische Zusammensetzung:

SiO_2	91.98
Al_2O_3	3.67
Fe_2O_3	0.75
CaO	0.29
MgO	0.32
K_2O	0.83
Na_2O	0.95
H_2O	1.47
	100.26

[1]) A. v. Koenen: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 43, 1891. Seite 790.

[2]) Erläuterungen zur geolog. Karte von Preussen, Lfg. 127 Bl. Alfeld. Geognostisch bearbeitet von A. v. Koenen, G. Müller u. O. Grupe. Seite 29 ff. (Hilssandstein).

Die II. Probe zeigte nur wenig Abweichung hiervon:

SiO_2	91.56
Al_2O_3	4.09
Fe_2O_3	0.82
CaO	0.17
MgO	0.27
K_2O	1.29
Na_2O	0.57
H_2O	1.37
	100.14

Im Dünnschliff zeigte sich bei diesem Sandstein, dass das Bindemittel in der Tat auffallend zurücktritt und die einzelnen Quarzkörnchen bereits durch eine feine Haut von Kieselsäure miteinander verwachsen sind (schwaches Kontaktzement). Im Bindemittel fand sich Feldspat ziemlich reichlich vor; er war teils frisch (nicht selten Mikroklin-Struktur), teils in tonige und glimmerige Substanzen zersetzt. Ausserdem fanden sich spärliche Andeutungen zersetzter Mg Fe-haltiger Substanzen. Die Quarzkörnchen selbst sind teils eckig, teils rundlich. Sie liegen infolge des Kontaktzements verhältnismässig dicht aneinander; indessen lassen sich Poren deutlich wahrnehmen.

Der Dünnschliff des Goldbach-Utschendorfer Sandsteins stimmt mit dem des Wünschelburgers im wesentlichen überein. Das schwache, kieselige Kontaktzement und das spärliche, tonige Bindemittel finden wir auch hier wieder. Die Feldspatindividuen, die sich im Bindemittel vorfinden, sind zum grössten Teil in tonige Substanzen umgewandelt; die Quarzkörnchen sind auch hier zumteil eckig, zumteil rund geformt. Die Analyse zeigt entsprechend grosse Aehnlichkeit mit der des Wünschelburger Sandsteins:

SiO_2	92.49
Al_2O_3	3.89
Fe_2O_3	0.94
CaO	0.07
MgO	0.21
K_2O	0.72
Na_2O	0.94
H_2O	0.94
	100.20

Ein wesentlich anderes Resultat liefert dagegen die Untersuchung des Emschersandsteines aus dem Heuscheuergebirge. Die Analyse lautet folgendermassen:

SiO_2	98.07
Al_2O_3	0.66
Fe_2O_3	0.10
CaO	0.02
MgO	0.04
K_2O	0.09
Na_2O	0.04
H_2O	0.50
	99.52

Auffallend an dieser analytischen Untersuchung ist besonders der hohe Kieselsäuregehalt, dessen strukturelle Bedeutung wir jedoch erst aus der mikroskopischen Untersuchung zu erkennen vermögen. Die grösstenteils rundlichen Quarzkörnchen sind von einer starken konzentrischen Schicht von Kieselsäure umgeben, so dass die einzelnen Individuen aufs festeste miteinander verwachsen sind. Die Raumerfüllung ist eine sehr vollständige, so dass die Poren von ungemein geringer Grösse sind. Ein spärlich eisenschüssiges, ebenfalls noch silifiziertes Zement erfüllt die Hohlräume zwischen den einzelnen Quarzkörnchen. In diesem Porenzement finden sich nur selten Feldspatindividuen, etwas häufiger dunkle, aus tonigen Substanzen und Eisenoxyd zusammengesetze Häufchen, die offenbar das Zersetzungsprodukt des Biotit darstellen. Muskowitblättchen sind spärlich. Ganz vereinzelt lässt sich Zirkon nachweisen. — Von der ausserordentlichen Härte, welche dem Gestein infolge des ausgeprägten kieseligen Kontaktzements eigen ist, kann man sich vielleicht erst dann einen rechten Begriff machen, wenn man erfährt, dass den Steinbruchsarbeitern z. B. an der Friedrichsgrunder Lehne ein Lohnzuschuss von 150% gewährt werden muss, um überhaupt nur Arbeitskräfte für dieses Material zu bekommen. —

Die Sandsteinkugeln, welche im Wünschelburger Steinbruch uns begegnet waren, finden sich in dem Emschersand-

stein nicht mehr. Dafür erscheinen neue eigenartige Gebilde, die Sandlöcher, die sich zwar ganz vereinzelt auch schon in den cenomanen Sandsteinen vorfinden (Cihak), im Mittelquader stellenweise bereits in grösserer Anzahl auftreten (im Wünschelburger auffallend selten, häufiger dagegen in Adersbach und Weckelsdorf) und nun schliesslich hier in dem Emscher derartig massenhaft den Sandstein durchsetzen, dass sie für die Modellierung der Felsen von grosser Bedeutung werden. Es sind kugelförmige Hohlräume mit einem Durchmesser von wenigen cm bis zu 1,20 m, welche mit lockrem Sande angefüllt sind. In der Farbe und der Form des Kornes weicht dieser Sand meistens nicht ab von dem ihn umschliessenden harten Sandstein. Nur hin und wieder kommt es vor, dass eine Braunfärbung des lockren Sandes eingetreten ist und sich eine eisenhaltige Schicht wie eine Rinde an der Innenwand der Sandlöcher abgesetzt hat.

Diese eigentümlichen Bildungen sind bisher noch keiner eingehenden Untersuchung gewürdigt worden, obwohl sie eine weit verbreitete Eigentümlichkeit der verschiedensten Sandsteine darstellen.

Andrée[1]) und Haack[2]) berichten von derartigen Lochbildungen aus dem Teutoburger Wald-Sandstein, A. v. Koenen[3]) und Ebert[4]) aus dem mittleren Buntsandstein, und schliesslich hatte Herr Dr. Basedow die Liebenswürdigkeit, mir eine kleine Notiz zu übersenden, in der er von ganz ähnlichen Erscheinungen in tertiären Sandsteinen Südaustraliens berichtet[5]). Als Entstehungsursache für die

[1]) K. Andree, Der Teutoburger Wald bei Iburg, Inaugural-Dissertation, Göttingen 1904, Seite 27 ff.

[2]) W. Haack, Der Teutoburger Wald südlich von Osnabrück, Inaugural-Dissertation, Göttingen 1907, Seite 55.

[3]) A. v. Koenen, Erläuterungen zu der geologischen Spezialkarte von Preussen, 62. Lfg. Blatt Reinhausen, Seite 6.

[4]) A. v. Koenen und Th. Ebert, Erläuterungen zu der geologischen Spezialkarte von Preussen, 62. Lfg. Blatt Waake, Seite 11.

[5]) H. Basedow, Note on Tertiary Exposures in The Happy Valley District. Transactions of the Royal Society of South Australia, 1904, Seite 250.

Anhäufung lockeren Sandes in festem Gestein wird allgemein eine lokale Konzentration, eine Konkretion von verschiedenen leicht zerfallenden Mineralsubstanzen im Bindemittel angenommen, welche vom Sickerwasser in lösliche Substanzen umgewandelt und ausgelaugt werden, so dass dass dann „masses consisting of uncemented sand-grains[1])“ übrig bleiben. Derartige Bindemittelsubstanzen können kalkig-dolomitisch sein, können aus Eisenkarbonat oder Kalkkarbonat bestehen oder endlich im wesentlichen von Markasit[2]) gebildet werden. Die Entstehungsweise der Sandlöcher ist demnach eng verwandt mit jener von Hirschwald als subkutane Verwitterung beschriebenen Erscheinung[3]) und entspricht somit in gewisser Beziehung auch der von Walther[4]) aus der Wüste geschilderten Verwitterung von Innen heraus, welche dort zur Bildung der Hohlblöcke Veranlassung gibt. —

Die meisten dieser Löcher enthalten von dem sie einst erfüllenden Sand keine Spur mehr und verleihen den Felsen ein sehr eigenartiges Aussehen, besonders wenn mehrere dieser Hohlräume im festen Gestein dicht beieinanderstehen. Bisweilen berühren sich zwei Sandlöcher, so dass sich dann an der Hinterwand des einen eine neue Vertiefung ansetzt. Im Friedersdorfer Steinbruch war in dieser Weise sogar eine ganze Reihe von Sandlöchern aneinandergegliedert. Was mir bei derartigen Bildungen dann besonders auffiel, war die Tatsache, dass auch die weiter nach dem Innern zu gelegenen Löcher ausnahmslos wie ausgefegt erschienen. Endlich beobachtete ich auf dem Heuscheuergipfel an mehreren Stellen Sandlöcher, deren Oeffnung an der Felswand nur 2—3 cm betrug, während sich nach dem Innern zu eine Höhlung von ebenso viel Dezimeter Durchmesser auftat, und auch hier war der Sand bis auf das letzte

[1]) Basedow, a. a. O. Seite 259.

[2]) W. Haack, a. a. O. Seite 257.

[3]) Hirschwald, a. a O. Seite 316.

[4]) Johannes Walther, Gesetz der Wüstenbildung, Berlin 1900, Seite 20—21.

Körnchen entfernt. Ich wüsste für die Fortführung des Sandes aus all diesen Löchern keine andere Kraft anzuführen als den Wind; nur ihm kommt die Fähigkeit zu, auch durch kleine Oeffnungen in die dahinterliegenden Vertiefungen einzudringen und die Sandkörner zu entführen. —

Um einen Ueberblick über die Zusammensetzung der lockeren Sandmassen zu erhalten, und gleichzeitig Material für weitere Studien dieser interessanten Bildungen zu schaffen, analysierte ich aus drei frischen Sandlöchern je eine Probe des lockeren Sandes und der einschliessenden Wandungen. Die Probe I und II entstammen dem Friedersdorfer Sandstein, aus dem auch die Probe des Emschersandsteins herrührt, dessen Analyse wir oben mitgeteilt; die Probe III dagegen entstammt einem Sandloch des Cihaker Sandsteins.

Weisser Sand mit ebenfalls heller Wandung (Friedersdorf):

	Lockerer Sand	Wandung
SiO_2	98.89	98.75
Al_2O_3	0.91	0.82
F_2O_3	0.14	0.16
CaO	0.03	0.04
MgO	0.34	0.05
K_2O	0.05	0.09
Na_2O	0.24	0.11
H_2O	0.32	0.41
	100.82	100.44

II. Gelblicher Sand und rostbraune Innenkruste (Friedersdorf):

SiO_2	98.64	92.33
Al_2O_3	0.21	1.16
Fe_2O_3	0.67	4.66
CaO	0.03	0.02
MgO	0.01	0.04
K_2O	0.11	0.13
Na_2O	0.20	0.12
H_2O	0.40	0.22
	100.27	99.68

III. Wie I (Cihak):

SiO_2	89.27	92.15
Al_2O_3 } F_2O_3 }	7.63	5.20
CaO	0.21	0.38
MgO	0.22	0.36
K_2O	0.41	0.68
Na_2O	1.05	0.69
H_2O	1.12	1.04
SO_3	0.01	0.01
	99.92	100.51

Schlüsse auf die spezielle Bildungsweise der Sandlöcher aus diesen Analysen zu ziehen, erscheint uns noch nicht angängig, solange nicht derartige Untersuchungen in grösserer Anzahl vorliegen.

Neben diesen Sandlöchern finden sich an manchen Stellen kugelige Absonderungen, welche sich durch ihre braunrote Färbung sehr lebhaft von dem weissen Sandstein abheben. Sie besitzen ungemein grosse Härte und scheinen Konkretionen von Spateisenstein darzustellen.

Die übrigen Sandsteinablagerungen der Emscher Stufe, vor allem der Kieslingswalder Sandstein, sind von geringer Bedeutung wegen ihrer unbedeutenden oberflächlichen Verbreitung. Der Kieslingswalder Sandstein ist ein blaugraues, graues oder braungraues Gestein von sehr feinem Korn und zeichnet sich, wie bereits erwähnt, vor allem durch den Reichtum an Glimmerschüppchen aus. Ferner besitzt dieser Sandstein Einlagerungen von Platten und Knollen eines sehr festen, beim Zerschlagen glasig klingenden Gesteins, des sog. „Eisensteins“ der Arbeiter, welcher von Sturm[1]) beschrieben worden ist: „Diese Einlagerungen bestehen aus einem sehr dichten Gefüge von Quarzkörnchen, die durch ein fast tonfreies, etwas kalkiges Bindemittel verkittet werden; die regellos im Gestein verteilten

[1]) Sturm, der Sandstein von Kieslingswalde in der Grafschaft Glatz und seine Fauna. Jahrbuch der Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt, Berlin 1900. Seite 46.

Knollen und Platten sind der Bearbeitung der Sandsteine ungemein hinderlich, und manche guten Werkstücke müssen beiseite gelegt werden, weil eine unvermutet auftretende Eisensteinknolle der weiteren Bearbeitung des Stückes allzu grosse Schwierigkeiten entgegenstellen würde.“ —

Diesen Erörterungen über die chemische Zusammensetzung der Sandsteine und ihrer mikroskopischen Strukturverhältnisse schliessen sich zweckmässig einige Worte über die chemische Verwitterung an. Werfen wir noch einmal einen Blick beispielsweise auf die Analyse des Emschersandsteins, so erkennen wir ohne Schwierigkeit, dass im Verhältnis zum Quarz, der ja als fast unangreifbar angesehen werden darf, die übrigen Mineralien in verschwindend kleinen Quantitäten sich vorfinden. Ausserdem aber sind sie fast durchgängig selbst die Restprodukte der chemischen Zersetzung primärer Gesteine; sie kommen also für eine weitere chemische Umsetzung kaum mehr in Betracht. — Sind im Bindemittel noch unzersetzter Feldspat und Glimmer vorhanden, so wird die chemische Verwitterung auf einer Zersetzung dieser Silikate beruhen. — Endlich ist der chemischen Einwirkung der Pflanzenwelt an dieser Stelle zu gedenken. Die absterbenden Pflanzen liefern durch den eintretenden Fäulnisprozess reichliche Humussubstanz, welche sich aus braunen Ulmin- und schwarzen Huminstoffen zusammensetzt. Letztere entwickeln sich allmählich aus den Ulminstoffen durch Aufnahme von Sauerstoff und unter Abscheidung von Wasser und Kohlensäure. Dieser fortschreitende Oxydationsprozess geschieht aber nur zum kleinsten Teil auf Kosten des Luftsauerstoffes; vielmehr wird die weitaus überwiegende Menge des Sauerstoffes den im Boden oder Gestein vorhandenen Oxyden entnommen. So wird das unlösliche Eisenoxyd des Bindemittels zu Eisenoxydul reduziert, das mit der gleichzeitig entstandenen Kohlensäure verbunden leicht in Lösung geht[1]). Bei dem

[1]) Vergl. hierüber in: Der Acker, eine Folge von 7 Vorträgen, Hamburg 1907, J. F. Harding, Entstehung der Bestandteile des Bodens, Seite 10.

Ueberschuss an Humussäure bilden sich ausserdem leicht saure humussaure Salze, welche von dem durchsickernden Wasser gelöst und entführt werden. Endlich wird die bei der Vermoderung abgestorbener Vegetabilien entstehende und vom Wasser absorbierte Kohlensäure lösend auf die allerdings nur in geringen Mengen vorhandenen kalkigen Bestandteile der Bindemittelsubstanz einwirken [1]. Hiermit ist dann aber auch der Kreis der chemischen Veränderungen im wesentlichen erschöpft, und selbst wenn wir zugeben wollen, dass durch die chemische Verwitterung gelegentlich eine Lockerung im Gefüge des Sandsteins eintreten mag, so wird doch die Gesamtwirkung der chemischen Umsetzungen stets nur von untergeordneter Bedeutung für den Zerfall des Sandsteins bleiben.

Die Verwitterung der Sandsteine ist in der Tat fast ausschliesslich mechanischer Natur. Bevor wir jedoch auf diese eingehen, müssen wir zuvor einige wichtige physikalische Eigenschaften der Sandsteine unseres Gebietes behandeln, und zwar sind von diesen für unsere Zwecke vornehmlich drei zu berücksichtigen: die Schichtung der Sandsteine, ihre Zerklüftung und ihre Wasserdurchlässigkeit.

Von den fünf möglichen Arten der Schichtung [2] finden sich hier hauptsächlich die folgenden vertreten:

1) die Schichtung wird bewirkt durch reichliche Ausscheidung von Bindemittelsubstanz in parallelen Lagen,

2) die Schichtung beruht auf einer Abwechslung der Korngrösse.

Während die letztere Art der Schichtung in den cenomanen Ablagerungen eine wesentliche Rolle spielt, tritt sie bei den Sandsteinen von Adersbach-Weckelsdorf und der Wünschelburger Lehne bereits bedeutend zurück. Für die Emscher-Ablagerungen ist sie überhaupt mehr oder minder

---

[1]) Nach Rinne (Praktische Gesteinskunde, Hannover 1908) lösen 10000 Teile kohlensäurefreien Wassers nur 0,3 Teile $CaCO_3$, während kohlensäurehaltiges Wasser 10—12 Teile aufzunehmen vermag.

[2]) Hirschwald, a. a. O. Seite 256—57.

belanglos. Die Korngrösse ist bei diesen Sandsteinen im allgemeinen eine äusserst gleichmässige[1]).

Parallele Lagen von Bindemittelsubstanz dagegen kann man durchgängig in allen Sandsteinen unseres Gebietes feststellen. Der Abstand dieser Lagen — d. i. die Mächtigkeit der Schichten — ist durchaus ungleichmässig, so dass sich Allgemeines hierüber nicht sagen lässt. Stufenweises Auftreten von Dünnbankigkeit ist bei den cenomanen und turonen Ablagerungen eine nicht seltene Erscheinung. In den Emscher-Ablagerungen dagegen fehlt sie im allgemeinen; hier ist die Mächtigkeit der Schichten durchgängig eine ziemlich grosse, 2—5 m und mehr. Die Bedeutung der Schichtung für die Verwitterungsvorgänge beruht nun auf der Verschiedenheit in dem Verhalten der eigentlichen Gesteinsschichten und der Schichten von Bindemittelsubstanz gegenüber den Witterungsagentien. Und es ist hierbei von geringer Bedeutung, ob wir eine Lage von Bindemittelsubstanz direkt oder eine Schicht gröberen Korns vor uns haben; in letzterem Falle nämlich erkennt man leicht, dass die grossen Quarzkörner auch einen grossen Zwischenraum zwischen einander haben, dass zu ihrer Verkittung mithin eine grössere Menge von Bindemittelsubstanz angewandt werden musste als in den feinkörnigen Schichten darüber und darunter; auch hier also eine schichtweise Anhäufung der Bindemittelsubstanz. — Diese unterscheidet sich nun von dem eigentlichen Gestein sowohl in der chemischen Zusammensetzung wie in ihrem physikalischen Verhalten. Das Bindemittel ist mehr oder weniger verunreinigter Ton; es ist gewöhnlich nur schwach oder überhaupt nicht silifiziert und steht daher, was Festigkeit anbetrifft, weit hinter dem eigentlichen Quarzsandstein zurück. Ausserdem aber übt die Schichtung einen grossen Einfluss auf die Wasserdurchlässigkeit aus. Wie wir unten sehen werden, sind die

[1]) Von den Konglomeraten in den obersten Schichten des Kieslingswalder Systems sehen wir im Augenblick ab; sie besitzen nur ganz lokale Bedeutung und können den Habitus der ganzen Stufe kaum beeinflussen.

eigentlichen Gesteinsschichten mehr oder weniger vollkommen wasserdurchlässig, die Zwischenschichten von Bindemittelsubstanz dagegen vermöge ihrer Zusammensetzung aus Ton so gut wie undurchlässig. — In dem Wechsel also von härteren und weicheren Schichten — je nach dem Mangel oder Reichtum an tonigem Bindemittel —, in dem Wechsel von wasserdurchlässigen und -undurchlässigen Schichten erkennen wir den wesentlichen Einfluss der Schichtung [1]).

Senkrecht zur Schichtung durchsetzt nun ein System fast rechtwinklig sich schneidender Klüfte die Kreidesandsteine, und jene eigentümliche Zerspaltung in quaderförmige Bruchstücke verlieh dem Gestein den Namen „Quadersandstein." Die wiederholt angestellte Messung der Streichrichtung dieser Klüfte, sowohl in dem Felsenlabyrinth der Heuscheuer wie der Wilden Löcher, als auch in den Schluchten der Felsenstädte von Adersbach und Weckelsdorf ergab, dass sie nicht ganz unregelmässig verlaufen, sondern vielmehr zwei Hauptrichtungen bevorzugen, und zwar N 30°—35° O und N 40°—45° W. Die grössten Abweichungen von diesem mittleren Werte betragen etwa 10° [2]). Gelegentlich finden sich jedoch, z. B. in Weckelsdorf, aber auch sonst, Klüfte, welche in dieses Schema nicht hineinpassen und annähernd nordsüdlich gerichtet sind. Die Tiefe, bis zu welcher die Klüfte die Sandsteinschichten zerspalten haben, ist eine geradezu erstaunliche. In dem Felsenlabyrinth der Heuscheuer schätzte ich in den Kluftgängen die Höhe der fast senkrechten Felswände stellenweise auf etwa 30—40 m, und dabei betrug die Breite der Spalten unten immer noch 2—5 m, so dass man die Gesamttiefe der Klüfte wohl auf 80 m und mehr schätzen darf. — Für die Entstehung dieser Spalten liegt eine voll-

---

[1]) Sehr häufig ist übrigens die an den Sandsteinfelsen deutlich sich abhebende Schichtung Diagonalschichtung.

[2]) Partsch hat die Streichrichtung der Klüftung ebenfalls einer Messung unterzogen und gibt (Schlesien, Seite 81) folgende Werte an: N 20°—30° O, N 35° W.

kommen befriedigende Erklärung bis jetzt noch nicht vor. Gutbier bespricht die Zerklüftung der Kreidesandsteine der Sächsischen Schweiz[1]) und kommt zu dem Schluss, dass man die Grundursache zu der Zerklüftung in der Zusammenziehung der als Meeressand abgelagerten Massen während des Festerwerdens derselben zu suchen hat. Die Zusammensetzung, schreibt Gutbier, strebe allerdings ursprünglich danach, kugelförmige Absonderungsflächen herzustellen, und Gutbier glaubt, diese Kugelform auch an einigen Felsen erkennen zu können; „wo aber die kugelige Zusammenziehung der Massen durch das Anhängen an die Schichtungsebene gestört wurde, da entstanden die senkrecht auf letztere niedersetzenden und sich kreuzenden Spalten, deren Resultat — der Quader — als das reinste Produkt der nur durch Adhäsion beschränkten Attraktion betrachtet werden muss“ [2]). Ohne weiteres lässt sich diese Ansicht nicht von der Hand weisen; ob aber die Zusammenziehung der Sedimente beim Festwerden eine so intensive ist, um ein derartiges Zerbersten der Ablagerungen hervorzurufen, wird entschieden angezweifelt werden dürfen, da ein Beweis hierfür keineswegs erbracht ist. Ueberdies ist gerade die quaderförmige Zerklüftung der Kreidesandsteine eine so eigenartige, den anderen Sedimentgesteinen mehr oder minder fremde Erscheinung, dass uns die Gutbiersche Hypothese nicht befriedigen kann. Richtig jedoch ist ohne Frage, dass die Klüfte nicht lediglich als Verwitterungserscheinungen gedeutet werden dürfen, wie es hin und wieder geschieht. Sie lassen sich in jedem Steinbruch — auch im frischesten Gestein — feststellen, und selbst einer auch nur einigermassen bedeutungsvollen Erweiterung der Klüfte durch die Verwitterung wird man nicht beipflichten, wenn man in den Kluftgängen z. B. der Heuscheuer die korrespondierenden Sandlöcher an den beiden Felswänden beobachtet hat. Die

---

[1]) A. v. Gutbier, Geognostische Skizzen aus der Sächsischen Schweiz, Leipzig 1858, Seite 27.

[2]) Gutbier, a. a. O. Seite 29.

Ränder dieser Löcher sind so scharf, ihre Durchmesser beiderseits so genau übereinstimmend, dass man fast den Eindruck mitnimmt, die Felsen seien erst vor kurzer Zeit auseinandergeborsten. Wenn hier eine starke Verwitterung an den senkrechten Quaderwänden genagt hätte, wären diese Löcher wohl kaum mit solcher Schärfe erhalten geblieben.

Die Mehrzahl der Forscher ist heutzutage wohl geneigt, die Zerklüftung auf tektonische Störungen zurückzuführen, wie es auch Hettner für den Quadersandstein der Sächsischen Schweiz ausgesprochen hat[1]). Die starke Zusammenpressung der Sedimente, welche durch ein muldenförmiges Einsinken der Schichten oder eine keilförmige Heraushebung der randlichen Gebirgsmassive hervorgerufen wurde, und die Auslösung dieses gewaltigen Druckes durch die mannigfache Bildung von Verwerfungen müssen in der Tat als die Grundursache der Kluftbildung angesprochen werden. Indes dürften tektonische Bewegungen allein kaum zur Erklärung der Quaderbildung, wie wir sie heute beobachten, genügen. Verfasser hatte wiederholt Gelegenheit, andere Kreideablagerungen, z. B. die von Lähn-Löwenberg zu besuchen. An tektonischen Bewegungen fehlt es hier nicht, vielmehr herrscht ein wahrer Ueberfluss von Störungslinien vor, und dennoch kann es dem Beobachter nicht entgehen, dass die Zerklüftung bei weitem nicht den Grad erreicht, durch den die Sandsteine des Heuscheuergebirges und von Adersbach-Weckelsdorf ausgezeichnet sind. Und schon, wenn man die Zerklüftung bei den einzelnen Sandsteinen unseres Gebietes gegeneinander abwägt, findet man eine deutliche Abstufung, welche uns vielleicht noch auf einen neuen Gesichtspunkt hinweisen kann. — In Cihak und Nesselfleck, wo wir die Kreide in präcretaceischen Becken des Urgebirges abgelagert finden, ist die Zerklüftung minimal. Die cenomanen Ablagerungen von Adersbach-

[1]) A. Hettner, Die Felsbildungen der Sächsischen Schweiz. Geographische Zeitschrift 9. Jahrg., Leipzig 1903.

Weckelsdorf weisen quaderförmige Zerklüftung zwar bereits deutlich auf, werden aber bei weitem übertroffen von den im innersten Kern der grossen niederschlesisch-böhmischen Mulde abgelagerten jüngeren Kreidesandsteinen, die aber fast überall nur in einzelnen horstartig stehengebliebenen Denundationsresten erhalten sind. Wir möchten aus dieser Abstufung den Schluss ziehen, dass die relative Höhenlage und die orographischen Verhältnisse ebenfalls von wesentlichem Einfluss auf die Bildung der Klüfte sind. Durch die tektonischen Bewegungen werden in dem Gestein vertikale Flächen geringerer Kohäsion als schwach ausgeprägte Spalten entstehen; eine Erweiterung dieser Spalten zu grossen Klüften findet jedoch erst dann statt, wenn einzelne Sandsteinpartien, ihres seitlichen Haltes durch die Verwitterung und Abtragung beraubt, inselförmig aus der Landschaft emporragen und nunmehr die vertikalen Tafeln, gleichsam aufatmend von dem starken seitlichen Druck, unter dem sie bisher gestanden, sich allmählich seitlich zu neigen beginnen. In den Felsenlabyrinthen bietet sich allenthalben Gelegenheit, derartig schräg gestellte Quader zu beobachten.

Wenn wir nun zum Schluss unserer einleitenden Betrachtungen über die physikalischen Eigenschaften der Quadersandsteine noch mit einigen Zeilen bei der Wasserdurchlässigkeit verweilen, so erscheint dies deshalb notwendig, weil, wie wir unten sehen werden, gerade die Durchlässigkeit für die mechanische Verwitterung eine überaus bedeutungsvolle Rolle spielt. — Der wichtigste Faktor für die Wasserdurchlässigkeit ist die Aufsaugungsfähigkeit oder „relative Porosität", wie es Hirschwald nennt [1]), dargestellt etwa durch diejenige Menge Wassers, welche ein bestimmtes Volumen des Gesteins bis zur vollkommenen Sättigung aufzunehmen vermag. Versuche zur zahlenmässigen Bestimmung dieser Grösse hätten sich im Laboratorium unter einigem Zeitaufwand leicht ausführen lassen;

[1]) Hirschwald, a. a. O. Seite 270.

wir haben trotzdem davon Abstand genommen, weil gerade diese Laboratoriumsversuche den Verhältnissen in der Natur allzu wenig Rechnung zu tragen vermögen. Wenn sich das Gestein, wie es bei den bisher üblichen Versuchen zur Bestimmung der Durchlässigkeit der Fall ist, zum grössten Teil oder vollkommen im Wasser befindet, dann interessiert das Ergebnis dieser Untersuchung wohl den Techniker, vor allem den Brückenbauer; der Geograph jedoch wird diesem Resultat kein grosses Gewicht beimessen dürfen, da die Verhältnisse bei anstehendem Gestein in den meisten Fällen anders liegen werden. Man könnte allerdings die Methode umändern und etwa auf einen Gesteinswürfel von bestimmter Oberfläche ein bestimmtes Volumen Wasser tropfen lassen und alsdann bestimmen, in welcher Zeit und wieviel ccm Wasser auf der Unterseite wieder austreten. Derartige Methoden sind jedoch unseres Wissens technisch noch nicht ausgearbeitet worden, würden ausserdem den natürlichen Verhältnissen immerhin nur in beschränktem Masse nahe kommen; denn schliesslich spielt[1]) auch der Neigungswinkel der Schichten eine Rolle. Der Tropfen verwendet bei horizontaler Auffallfläche sein ganzes Gewicht, um in die Tiefe zu dringen, bei einer geneigten nur einen Bruchteil desselben. — Lediglich der Vollständigkeit wegen sei es gestattet, einige nach der alten Methode gewonnene Werte über die Wasseraufsaugungsfähigkeit von Sandsteinen unseres Gebietes hier anzuführen, welche Leppla in seinen hydrographischen Studien mitteilt[2]). Während frischer fester Gneis nur etwa 0,5% seines Volumens an Wasser aufzunehmen vermag, ergibt sich für die Sandsteine der Kreideformation ein mittlerer Wert von 4—6%, und zwar für Kieslingswalder Sandstein (Neu-Waltersdorf) etwa 4%, für Heuscheuersandstein 3—9%. — Diese weite Grenze, inner-

[1]) Leppla, Geologisch-hydrographische Beschreibung des Niederschlagsgebietes der Glatzer Neisse. Abhandlungen der Kgl. Preuss. Geologischen Landesanstalt N. F. Heft 32, Seite 234.

[2]) Leppla, a. a. O. Seite 336 ff

halb derer die Durchlässigkeit bei den Heuscheuersandsteinen schwankt, wird uns nicht Wunder nehmen, wenn wir dessen eingedenk bleiben, dass die Wasserdurchlässigkeit lediglich von den Strukturverhältnissen abhängt, diese aber, wie wir gesehen, sogar innerhalb der einzelnen Stufen sehr schwankende sind. So werden denn die Erörterungen über die Durchlässigkeit der verschiedenen Quadersandsteine nie Anspruch auf Allgemeingültigkeit machen können, sondern für einzelne Schichtenkomplexe der verschiedenen Stufen sehr wohl modifiziert werden müssen. — Nur mangelhafte Raumerfüllung, das Vorhandensein von Rissen und Poren ermöglicht die Durchlässigkeit des Gesteins. Wo nun, wie wir es bei den cenomanen Sandsteinen gesehen haben, die Zwischenräume zwischen den einzelnen Quarzkörnchen sehr vollkommen durch ein toniges Bindemittel ausgefüllt werden, wird naturgemäss die Wasserdurchlässigkeit eine relativ nicht sehr bedeutende sein. Bei dem Kieslingswalder Sandstein erreicht die Durchlässigkeit bereits einen höheren Betrag. Indessen entsteht bei der chemischen Verwitterung der Glimmerschüppchen, durch welche dieser Sandstein ausgezeichnet ist, so viel kaolinartige Substanz, dass die Poren zum Teil hiermit verstopft werden und die Durchlässigkeit daher hinter der der mittelturonen und Emschersandsteine des Heuscheuergebirges entschieden zurücksteht.

Nachdem wir nunmehr das Material genau kennen gelernt haben und uns sowohl mit der chemischen Zusammensetzung wie den wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Kreidesandsteine bekannt gemacht haben, wenden wir uns jetzt den Verwitterungsvorgängen selbst zu. Die chemische Verwitterung hatten wir bereits oben behandelt. Bei der Betrachtung der mechanischen Verwitterung nun bieten sich uns zwei Wege dar. Zunächst könnte es angebracht erscheinen, dem Vorbilde Hettners zu folgen. Dieser zerlegt die Erscheinung der Verwitterung und Denudation in der Sächsischen Schweiz in solche der Felskanten, in denen sich die wagerechten Oberflächen mit den senk-

rechten Felswänden schneiden, und in solche der Felswände[1]). — Da wir jedoch gedenken, uns zum Schluss unserer Betrachtung die Frage vorzulegen, ob wir die Felsformen und ihre Eigentümlichkeiten ableiten können als ein Produkt der heute zu beobachtenden Verwitterungskräfte, oder ob es eventuell notwendig erscheint, andere klimatische Bedingungen zur Erklärung ihrer Entstehung anzunehmen, so möchte es uns kaum zweckmässig dünken, die Hettnersche — man möchte sagen lokale — Methode anzuwenden. Wir werden vielmehr uns bemühen, die heute wirksamen Faktoren in ihren Effekten einzeln genau zu studieren und nacheinander die verschiedenen Verwitterungsagentien und ihre Wirkungen auf das Gestein zu verfolgen.

In niederen Breiten mag sich die starke solare Erhitzung des Gesteins während des Tages und die ebenso intensive Wärmeausstrahlung in der Nacht, mag sich dieser schroffe Temperaturwechsel in einer Zerstörung des Gesteins unmittelbar äussern, wie es von Wüstenreisenden wiederholt beschrieben worden ist[2]). In unseren Breiten jedoch ist die tägliche Temperaturschwankung bei den heutigen klimatischen Verhältnissen keine so erhebliche, als dass man ihren Einfluss auf das Gestein irgendwie beobachten könnte. Erst in Verbindung mit dem Wasser — also mittelbar — haben wir eine Einwirkung des täglichen Temperaturwechsels zu verzeichnen. — Die Wirkung des Frostes lernen wir in jedem Handbuch so ausführlich kennen, dass wir über das Allgemeine dieses Phänomens kurz hinweg gehen können, um uns den speziellen Beobachtungen zuzuwenden; es kann im übrigen nur immer wieder auf die vorzüglichen Ausführungen Hirschwalds hingewiesen werden[3]). Die notwendige Vorbedingung für eine Einwirkung des Frostes auf

---

[1]) Hettner, a. a. O. Seite 612.

[2]) In neuester Zeit von L. Schultze, Aus Namaland und Kalahari, Jena 1907. Seite 67 ff.

[3]) Hirschwald, a. a. O. Seite 36 ff.

den Sandstein ist ein bestimmter Grad der Wassererfüllung der Gesteinsporen; denn „es ist ohne weiteres klar, dass die mechanische Kraft des in den Hohlräumen des Gesteins gefrierenden Wassers nur dann auf die umschliessenden Porenwandungen einzuwirken vermag, wenn das Wasser im Moment des Gefrierens keinen genügenden Raum zu seiner freien Ausdehnung findet[1]).“ Nach unseren obigen Ausführungen über die Strukturverhältnisse der Kreidesandsteine wird es uns nicht wundernehmen, wenn wir feststellen müssen, dass wir intensive Frostwirkung vor allem an den mit Basalzement ausgestatteten cenomanen Ablagerungen und an dem verhältnismässig stark porösen mittelturonen Quadersandstein beobachten können, wo hingegen die Emschersandsteine der Heuscheuer durch ihr starkes kieseliges Kontaktzement gegen die zersprengende Wirkung des Frostes gefeit zu sein scheinen. In dem Wünschelburger Steinbruch (mittelturoner Quader) ist man gezwungen, besondere Massnahmen zu treffen, um das Gesteinsmaterial vor der Einwirkung des Frostes zu schützen. Man deckt hier die im Spätherbst gebrochenen, von Bergwasser erfüllten Werkstücke während des Winters ein, da sie andernfalls durch das in den Poren angesammelte und gefrierende Wasser zum „Zerfrieren“[2]) gebracht werden würden. Derartige Vorsichtsmassregeln sind in den Steinbrüchen an der Friedrichsgrunder Lehne (Emscher) vollkommen unnötig. Man erkennt hieraus den innigen Zusammenhang, welcher zwischen der strukturellen Eigenart der Gesteine einerseits und der Frostwirkung auf der anderen Seite besteht.

In welcher Weise wirkt nun aber der Frost auf das Gestein ein? Bei einem mehrwöchigen Aufenthalt im Gelände während des Winters 1907/08 hatte Verfasser Gelegenheit, durch fortgesetzte Beobachtungen an Ort und Stelle sich ein Urteil hierüber bilden zu können. — In den ceno-

[1]) Hirschwald, a. a. O. Seite 36.

[2]) Ausdruck der Steinbruchsarbeiter.

manen Ablagerungen besteht die vorherrschende Verwitterungsform, welche durch den Frost bedingt wird, in einem Absanden der Gesteinsoberfläche. Das reichlich vorhandene tonige Bindemittel saugt die Feuchtigkeit, welche die atmosphärischen Niederschläge bezw. deren Schmelzwässer liefern, begierig auf. Beim Gefrieren aber wirkt nun jedes Eiskriställchen wie ein Keil, der zwischen die einzelnen Quarzkörner hineingetrieben wurde, und da kein Kontaktzement vorhanden ist, welches durch seine Festigkeit dem Froste entgegenwirken könnte, so gelingt es diesen kleinen Keilen leicht, die Quarzkörnchen auseinanderzusprengen. Staubartige Sandschichten, welche die cenomanen Felsen und Gesteinstrümmer sehr häufig konzentrisch umlagern und sich aufs deutlichste von der weissen Schneedecke abheben, geben ein überaus anschauliches Bild von der Wirkung des Frostes. Eine Berührung der Gesteinsoberfläche zeigte, dass in der Tat eine energische Auflockerung stattgefunden hatte; ein blosses Herüberfahren mit dem Hammer bewirkte ein reichliches Abfallen der Quarzkörnchen ganz im Gegensatz zu der beträchtlichen Widerstandsfähigkeit des Gesteins im Sommer. Indes hatte dieses Absanden auf die Festigkeit des Gesteins im ganzen wenig oder gar keinen Einfluss. Es handelt sich lediglich um eine Auflockerung der Oberfläche bis zu einer geringen Tiefe (etwa $^1/_2$—1 cm).

Wenn es nicht gelungen ist, dieselbe Art der Frostwirkung in dem Mittelquader der Wünschelburger Lehne und in Adersbach-Weckelsdorf nachzuweisen, so wird dies seinen Grund offenbar in dem Vorhandensein des wenn auch schwachen, so doch deutlich wahrnehmbaren kieseligen Kontaktzementes haben, welches durch intensive Kornbindung imstande ist, die Frostwirkung zu paralysieren. Als ich das Gelände im Winter besuchte, habe ich jeden Felsen, an dem ich vorbeikam, eifrigst beobachtet, um eventuelle Veränderungen durch den Spaltenfrost festzustellen. Allein die weisse Schneedecke, die wochenlang die Felsen umlagerte, zeigte in keinem einzigen Falle abgesprengte Quarzkörnchen. Und als ich im Frühjahr dieselben Stellen wieder aufsuchte,

war rings um die Felsen herum von abgesprengten Gesteinsteilchen nicht das mindeste wahrzunehmen. Die täglichen Temperaturschwankungen sind offenbar in unserem jetzigen Klima nicht excessiv genug, um die Festigkeit der Gesteine zu überwinden und ein Absanden zu erzeugen. Dafür bewirkt andererseits die relativ starke Porosität dieser Gesteine, dass der Frost sich in einer weitaus gefährlicheren Form äussert. Die Feuchtigkeit sickert tief in das Gestein hinein, gefriert in der Nacht, taut zum grossen Teil während des Tages wieder auf, um gegen Abend wiederum zu erstarren. Bei diesem Prozess bewirken die vielen kleinen Keile, als welche wir die in den Poren des Gesteins erstarrenden Feuchtigkeitspartikelchen kennen gelernt haben, durch immer wieder einsetzende Minierarbeit eine derartig intensive strukturelle Auflockerung, dass das Gestein, ohne dass eine Veränderung der äusseren Form wahrzunehmen wäre, durch und durch mürbe wird und ein Hammerschlag den scheinbar so brauchbaren Gesteinsblock in einen Grus von Quarzkörnchen zerfallen lässt. Derartig „zerfrorene" Blöcke konnten in grosser Anzahl in Adersbach-Weckelsdorf und auch an der Wünschelburger Lehne nachgewiesen werden. Auffallend ist, dass dieser Zerstörungsprozess an anstehendem Gestein nicht zu beobachten ist[1]), sondern es sich stets um Geröllblöcke des Schutthanges handelt. Ob dies seinen Grund darin hat, dass die strukturelle Festigkeit der Trümmerblöcke durch ihren Absturz von der Felswand bereits stark erschüttert wurde oder die fehlende Bedeckung mit Erdreich und Vegetation, sowie die im Verhältnis zum Volumen grössere Oberfläche der Gehängeblöcke die Einwirkung des Frostes hier begünstigt, vermag ich nicht zu entscheiden.

Ganz besondere Erscheinungen treten dann ein, wenn das Gestein von Schlieren durchzogen wird. Diese braun-

[1]) Im Wünschelburger Steinbruch wurde mir z. B. mitgeteilt, dass an den noch ungebrochenen Felsen nie ein „Zerfrieren" beobachtet sei, „weil es im Felsen stets wärmer sei und der Frost nicht soweit hineinkäme."

gefärbten, besonders eisenschüssigen Bänder müssen offenbar ein sehr grosses Wasserfassungsvermögen besitzen, so dass sich in ihnen das Wasser reichlicher ansammelt als in dem umgebenden Gestein und beim Gefrieren sich derartig ausdehnt, dass der Felsen längs dieser Schliere zerplatzt. Ist das Gefüge des Felsens noch zu fest, um ein völliges Zersprengen längs der Eisenschliere zu gestatten, so treten mannigfache, meistens radiär gestaltete Risse und Sprünge in dem Gestein auf. Jene Stellen aber, an denen ein Felsblock in dieser Weise auseinandergeborsten ist, bieten nun dem Frost und den übrigen Verwitterungskräften naturgemäss neue Angriffspunkte.

Schalten wir nunmehr den Wechsel im Aggregatzustand, welcher bisher das wesentlichste Moment darstellte, aus, und betrachten wir, welche Einwirkung auf das Gestein die atmosphärischen Niederschläge im flüssigen Zustande ausüben. Wir werden auch hier von der Porosität der Sandsteine, der Wasserdurchlässigkeit, auszugehen haben; denn sie ermöglicht dem auffallenden Regentropfen, in das Gestein hineinzudringen. Die Feuchtigkeit folgt nun den Gesteinsporen und sickert infolge der Wirksamkeit der Schwerkraft in die Tiefe. Hierbei wird einmal, sofern das Wasser die nötigen chemischen Eigenschaften besitzt, eine Lösung einiger Mineralien vorsichgehen[1]), vor allem aber wird das Wasser das Bindemittel allmählich aufweichen und durch fortgesetzte Wiederholung des Sickerprozesses die aufgeweichte Bindemittelsubstanz rein mechanisch ausschlämmen. Zweifelsohne wird die Festigkeit der Sandsteine hierdurch sehr wohl leiden; trotzdem aber steht die zerstörende Wirkung des Sickerwassers hinter der des Frostes bedeutend zurück, besonders wenn ein stark ausgeprägtes Kontaktzement vorhanden ist, welches auch nach Ausschlämmung des Porenfüllmittels die einzelnen Körner noch sehr fest aneinanderbindet. Es fehlt dem Sickerwasser im Vergleich

[1]) Vergl. unsere Ausführungen über die chemische Verwitterung der Kreidesandsteine.

zur Frostverwitterung die treibende Kraft im buchstäblichsten Sinne des Wortes, nämlich die zersprengende Wirkung des sich beim Gefrieren ausdehnenden Wassers. — Ist jedoch der Sandstein längere Zeit intensiver Wasserdurchtränkung ausgesetzt, vor allem als Geröll in den Bächen, so addiert sich auch hier die Wirkung des Wassers zu einer beträchtlichen Grösse, und der Sandstein wird so mürbe, dass er vollkommen zerfällt, sobald sich ihm fester Widerstand entgegenstellt. Wie so oft, hat auch hier die Bevölkerung einen überaus treffenden Ausdruck für das allmähliche Mürbewerden des Sandsteins im Wasser geprägt, wenn sie von dem „Verfaulen“ des Sandsteins im Wasser spricht, das ihn daher zum Brückenbau nicht besonders geeignet erscheinen lässt.

Die atmosphärischen Niederschläge befeuchten natürlich auch die Aussenwände der Felsen, und es ist infolgedessen leicht einzusehen, dass hierdurch eine schwache oberflächliche Auflockerung bewirkt werden kann. Von praktischer Bedeutung ist dieser Prozess jedoch keineswegs. Ein Absanden findet infolge des oben erwähnten Mangels einer sprengenden Kraft im allgemeinen nicht statt; dagegen ist es durchaus wahrscheinlich, dass es dem Winde durch diese Auflockerung erleichtert werden mag, einzelne Quarzkörnchen von dem Gestein abzublasen. — Bemüht man sich, den Verlauf des Sickerprozesses in seinen einzelnen Stadien genau zu verfolgen, so stösst man bald auf die Einwirkung eines Strukturelementes, der Schichtung, die wir aus diesem Grunde oben in etwas breiterer Form behandelt haben. Das durch den Felsen hindurchsickernde Wasser gelangt nämlich nach längerem oder kürzerem Wege (je nach der Mächtigkeit der Schichten) auf eine Lage toniger, wasserundurchlässiger Bindemittelsubstanz, welche dem weiteren vertikalen Eindringen der Feuchtigkeit ein Ende bereitet. Der Druck aber des von oben beständig nachsickernden Wassers zwingt nun die auf der undurchlässigen Schicht sich ansammelnde Feuchtigkeit, sich einen Weg nach aussen zu bahnen. Jeder, auch der feinste Kapillarweg wird nun

benutzt, um die Aussenwand zu gewinnen. Nicht nur an den Schichtenfugen, sondern über einen grossen Teil der Felswand verteilt, erscheinen die winzigen Wasserkügelchen, wie Diamanten in der Sonne glitzernd, an der Aussenfläche. Nach meinen Beobachtungen — und ich habe diesem Punkte ganz besondere Sorgfalt zugewandt — überwiegt das Ausschwitzen des Sickerwassers an den Aussenwänden durchaus über das Hervorsickern an den Schichtenfugen, denn ich habe wohl viele feuchte Felswände wahrnehmen können, an keiner einzigen Stelle aber trat das Sickerwasser nur an den Schichtenfugen zutage. Und die langen Eiszapfen, welche häufig an überhängenden Felsen zu beobachten sind, entstehen nach meinen Wahrnehmungen keinesfalls aus dem an Schichtenfugen austretenden Sickerwasser, sondern ausschliesslich aus den Schmelzwässern der Schneekappe, welche die Felsen krönt; allenthalben sieht man dieses Schmelzwasser zur Mittagszeit an der Aussenseite der Felsen herablaufen. —

Durch lang fortgesetzte Wirkung wird die auf der tonigen Zwischenschicht entlang gleitende Feuchtigkeit beginnen, erodierend auf diese einzuwirken. So wird die erweichte Bindemittelsubstanz nach und nach von dem Wasser nach aussen entführt, und aus dem mühseligen, lang andauernden Kampf geht schliesslich das Sickerwasser als Sieger hervor; die störende Zwischenschicht ist zum grössten Teil oder vollständig abgetragen; das Wasser kann in vertikaler Richtung weiter in die Felsen eindringen, bis es in der nächstfolgenden undurchlässigen Schicht einen neuen Gegner findet. So geht es fort, bis schliesslich der Sandstein an einzelnen Stellen in seiner ganzen Mächtigkeit vom Sickerwasser erobert ist. Und nun sammeln sich die vielen und jetzt rascher hindurchsickernden Niederschläge erst an denjenigen Stellen, wo ein anderes Material, der undurchlässige Pläner, den Sandstein unterlagert, und an der Grenze dieser beiden Ablagerungen treten die Wässer in Form von Quellen zutage. Sämtliche vom Verfasser besuchten Quellen des Gebietes finden sich in der Tat an

einer solchen Grenze und sind somit als Schichtquellen zu bezeichnen. Dass die Quellwässer auf ihrem Wege durch die Sandsteine recht wohl zerstörend einwirken, und zwar sowohl chemisch wie mechanisch, ersehen wir mit besonderer Deutlichkeit aus den Mitteilungen A. Schwagers[1]), welcher die Kreidewässer als besonders rückstands- und zwar vor allem kalkreich bezeichnet im Gegensatz zu den Gneiswässern. Fast alle Quellen, welche in dem Gebiet der Kreideformation entspringen, weisen einen Kalkgehalt von mehr als 10 mg pro Liter auf[2]), und bei der Analyse eines Quellwassers, welches 1,5 km nordwestlich von Alt-Heide hervorsprudelt, fand Schwager in einem Liter 159 mg Rückstand, wovon nicht weniger als 77,7 mg kohlensaurer Kalk waren, welcher allerdings zum Teil wohl auch dem Pläner entzogen sein mag.

Das Heraustreten des Sickerwassers ist vor allem von Bedeutung für die Besiedelung der Felsen mit pflanzlichen Organismen, welche nun ebenfalls an der Zerstörung des Sandsteins mitarbeiten. Die ersten Ansiedler offenbar pflanzlicher Natur sind algenähnliche Gebilde. Sie überziehen den Felsen mit einer dünnen Schicht, einer hellgrünen, bisweilen auch dunkler gefärbten, gallertig-schleimigen Masse, deren Hauptverbreitungsgebiet gerade die feuchtesten Stellen sind (die feuchten Wände auf dem Heuscheuergipfel), und liefern ihrerseits wiederum ein geeignetes, nährstoffreiches Substrat für die Keimung von Moos und Farnsporen. Die feinen Hyphenfäden der Moose und Flechten aber führen nun bei ihrem Eindringen in das Gestein eine förmliche Minierarbeit aus; sie drängen sich mühsam zwischen den Quarzkörnchen hindurch, umstricken diese schliesslich und führen auf diese Weise eine Lockerung herbei. Das Resultat dieser pflanzlichen Zerstörer ist stets ein deutlich wahrnehmbarer Substanzverlust, wie man besonders nach dem Abfallen der Moospolster beobachten

[1]) Leppla, a. a. O. Seite 347.
[2]) Leppla, a. a. O. Seite 349 ff.

kann: ein mehr oder weniger tiefes Grübchen mit uneben ausgenagtem Grunde[1]). Durch die Schaffung dieser Unebenheiten auf den Felswänden aber fördert die Pflanzenwelt ausserdem mittelbar die Zerstörung des Gesteins, indem hierdurch das Ablaufen der atmosphärischen Niederschläge verzögert wird, was wiederum eine stärkere Erweichung des Bindemittels, eine intensivere Wirkung des Frostes zur Folge hat.

Was wir bei den niederen Pflanzen im kleinen gesehen haben, vollzieht sich im grossen bei den Tannen und Fichten, welche gerade im Gebiet des Quadersandsteins äusserst intensiv gepflanzt werden, da das Verwitterungsprodukt — ein mehr oder weniger reiner Quarzsand — den Anbau von Feldfrüchten nicht gestattet. Die Wurzeln folgen den Rissen und Spalten des Gesteins, nehmen dann aber im Verlauf ihres Wachstums an Grösse so zu, dass der verfügbare Raum zu ihrer Ausdehnung nicht mehr genügt und nunmehr ein starker zersprengender Druck auf das Gestein ausgeübt wird, welchem dieses nicht selten nachgeben muss. An der Friedrichsgrunder Lehne, aber auch auf dem Gipfel der Heuscheuer sowie in Adersbach und Weckelsdorf finden sich derartige durch Baumwurzeln auseinandergetriebene Felsblöcke in grosser Zahl.

Im ganzen genommen scheint, wie wir sehen, die Pflanzenwelt nur relativ geringe Bedeutung für die Verwitterung der Quadersandsteine zu besitzen; in Wirklichkeit jedoch sind jene dichten Schonungen und Wälder, welche sich, wie bereits mehrfach betont, gerade im Verbreitungsgebiet des Sandsteins vorfinden, sowie die filzartig verwachsenen Gräser und Moose von der allergrössten Bedeutung; denn das dichte Pflanzenkleid ist es, welches den bei allen Verwitterungsvorgängen reichlich entstehenden Sand an den Boden bindet und auf diese Weise die Winderosion (Korrasion) lahm legt oder überhaupt unmöglich macht, welche ohne diese Pflanzendecke zweifellos den

[1]) Hirschwald, a. a. O. Seite 270—71.

Felsen in überaus intensiver Weise bearbeiten würde. An Stellen, wo jene Vegetation vollkommen fehlt, kann und wird aber auch selbst in unserem feuchten deutschen Klima der Wind seine zerstörende Tätigkeit entfalten. Dies beweist uns zunächst die Beobachtung Futterers[1]) über Windkorrasion am Heidelberger Schlossturm[2]), wo der durch mehrere Oeffnungen eindringende Luftstrom Wirbel bildet und dabei mit Hülfe der von der Verwitterung erzeugten und mitfortgerissenen Sandkörnchen bis zu 15 cm tiefe Löcher ausgehöhlt hat. — Aber wir brauchen nicht einmal in die Ferne zu schweifen; in unserem Gebiet selbst bietet sich mannigfache Gelegenheit, den Wind und seine Einwirkung auf das Gestein zu beobachten. Jeder, der wie Verfasser öfter Gelegenheit gehabt hat, zur Zeit eines Sturmes in der Nähe einer der vielen Steinbrüche unseres Gebietes zu weilen, wird am eigenen Körper verspürt haben, wie der Wind die lockeren Quarzkörner der grossen, jeder Vegetation baren Schutthalden aufwirbelt und mit sich fortreisst, um nun mit ungemeiner Heftigkeit jedes sich ihm entgegenstellende Hindernis zu bepeitschen. In einem Steinbruch war beim Absprengen einer Felswand kurz vor Einsetzen eines starken Sturmes eine Reihe von Sandlöchern blossgelegt worden, und es war nun ein überaus lehrreiches Schauspiel zu beobachten, mit welcher Kraft der Wind gegen die Felsen raste, die lockeren Quarzkörnchen der Sandlöcher erfasste und sich gleichsam hineinfrass und solange in diesen mit Sand gefüllten Hohlräumen herumwirbelte, bis auch das letzte Körnchen ergriffen und fortgeführt war. Nach Abflauen des Windes konnte ich diese Löcher genau studieren, die zuvor mit einer zwar mürben, aber doch durchaus kompakten Sandmasse ausgefüllt gewesen waren. Sie waren wie ausgefegt; nicht ein einziges lockeres Quarzkörnchen war zu entdecken.

---

[1]) K. Futterer, in den Mitteilungen der Grossherzl. Badischen Geologischen Landesanstalt, Heidelberg 1898. Seite 473 ff.

[2]) Es handelt sich um einen engen Gang des 1533 erbauten und 1689 von den Franzosen gesprengten Theaterturms.

Gelegenheit, sich mit Sand zu beladen, findet nun aber der Wind keineswegs allein in den Steinbrüchen, in den mit Pflanzen so gut wie gar nicht besiedelten Schutthalden; Windbruch und Entwurzelung sind in den Wäldern unseres Gebiets, besonders in den Bezirken der Kgl. Oberförsterei Karlsberg eine — man kann nur sagen — traurig häufige Erscheinung[1]), der jährlich eine beträchtliche Zahl von Stämmen zum Opfer fällt. Und so findet der Wind auch hier in den Wurzelballen der aus dem Boden gerissenen Bäume allenthalben Sand genug, um sich mit Quarzkörnchen anreichern zu können. Auch von den Aussenwänden der Felsen wird es ihm gelingen, durch Frostwirkung oder ständige Befeuchtung durch atmosphärische Niederschläge gelockerte Quarzkörner abzublasen. Und trotzdem ist es nicht angebracht zu behaupten, dass dem Winde in unserem Gebiet eine allgemeine modellierende Wirkung zukommt; denn die Korrasion besteht nicht im Aufwirbeln, nicht in einem gelegentlichen Abblasen von Sandkörnchen, sondern sie hat einen allgemeinen Transport der mitgerissenen Körnchen zur Voraussetzung; der Wind muss grössere Strecken überwehen können, ohne durch fortgesetze Hindernisse an dem Mitführen von Quarzkörnchen gehindert zu werden; er muss erst durch andauernde grosse Geschwindigkeit den Sandkörnern jene kinetische Energie verleihen, die wir als Grundlage intensiver Korrasion ansehen müssen; und unter den heutigen klimatischen Bedingungen und der damit zusammenhängenden Vegetation kann der Wind in unserem Gebiet sich nicht mehr derartig mit Sand beladen, um diesen auf grössere Entfernungen mitsichzuführen. Allenthalben stellt sich ein Strauch oder ein Baum oder gar zusammenhängende Waldgebiete entgegen, die einerseits hemmend auf seine Geschwindigkeit einwirken und ihn vor allem gleichsam aufs sorgfältigste filtrieren und die eventuell mitgerissenen Quarzteilchen zum Niederfallen bringen. Ich

[1]) Die Enge der Waldwege und die Lockerheit des Sandbodens müssen hieran die Hauptschuld tragen.

habe an demselben Tage, an dem ich in dem eigentlichen Steinbruch den Sandsturm beobachten konnte, festzustellen versucht, wie weit der heftige Ostwind die Staub- und Sandteilchen, die er in dem Steinbruch und auf den Halden aufgewirbelt hatte, transportieren würde. Ich ging zu diesem Zwecke in der Richtung des starken Windes bis zu derjenigen Stelle, wo das Gebiet des Steinbruches an den Wald angrenzt. Hier drehte ich mich noch einmal um; der Sandsturm war noch immer überaus lästig. Kaum vermochte ich, mit geöffneten Augen dem Winde entgegenzusehen, und die feinen Sand- und Staubteilchen, die auf das Gesicht aufprallten, riefen ein empfindliches, prickelndes Gefühl hervor. Nunmehr ging ich in den Wald hinein, und schon nach etwa 5 m verspürte ich von mitgerissenen Staub- oder Sandteilchen nicht das geringste mehr, während ich im Steinbruch noch immer jene grauen Sandwolken aufsteigen sah. Auf diese kurze Entfernung also hatte der allerdings dichte Waldbestand die mitgerissenen Teilchen fast sämtlich zum Abfallen gebracht! — Ich habe, um ganz sicher zu gehen, an stürmischen, aber trockenen Herbsttagen die Felsenlabyrinthe der Heuscheuer und der Wilden Löcher aufgesucht, um zu sehen, ob hier vielleicht eine Windkorrasion sich entfalten könnte. Ich habe nie Sandstürme in den verzwickten Felsgängen wahrnehmen können, und auch die Führer konnten mir trotz wiederholten Befragens von solchen nicht berichten.

Auf Grund dieser Beobachtungen möchte ich den Wahrnehmungen Becks über die korradierende Wirkung des Windes in der Sächsischen Schweiz[1]) nicht allzuviel allgemeine Bedeutung beilegen. Eine eingehende Kritik zu üben, muss ich mir allerdings versagen, da ich Becks Beweisobjekte nicht an Ort und Stelle nachprüfen konnte. Flugsandanhäufungen und eigentümliche Felsformen und vor

[1]) R. Beck, Ueber die korradierende Wirkung des Windes im Quadersandstein-Gebiet der Sächsischen Schweiz. Zeitschrift der Deutschen Geolog. Gesellschaft, 1894 Seite 537 ff.

allem anscheinend vom Winde korradierte Glasscherben haben Beck zu der Ueberzeugung geführt, dass in der Sächsischen Schweiz auch unter den heutigen klimatischen Bedingungen eine Windkorrasion festzustellen sei. In einigen Punkten scheint Beck in der Tat recht zu haben, vor allem, wenn er jene wagerechten Leisten und Hohlkehlen an den vertikalen Felswänden als Korrasionserscheinungen deutet; dass aber rezente Korrasion diese Formen geschaffen haben soll, erscheint mir nicht bewiesen. Die mattgeschliffenen Glasscherben wären für diesen Punkt wohl von ausschlaggebender Bedeutung, und gerade hier kommen mir immer wieder Bedenken. Ohne Frage mussten die Scherben doch eine Reihe von Jahren und sogar in annähernd derselben Stelle an ihrem Fundpunkt gelegen haben, ehe „sie an den Seiten mattgeschliffen erschienen und ihre ursprünglich scharfen Bruchkanten oft deutliche Abrundung erkennen liessen[1]." Sollte dies aber bei einem so lebhaft besuchten Ausflugsort, wie es das Schrammtor ist, möglich sein? Ist nicht etwa die Eau de Cologne-Flasche, auf die sich Beck besonders stützt, vielleicht zufällig schon vorher durch Berührung mit einer ätzenden Flüssigkeit matt gefärbt worden? So beachtenswert die Wahrnehmungen Becks zweifellos sind, erscheint eine sorgsame Nachprüfung doch überaus notwendig. In dem Gebiet der böhmisch-schlesischen Kreideformation ist jedenfalls trotz eifrigen Nachspürens von einer rezenten Windkorrasien nichts festzustellen. Selbst an den Glasscheiben des kleinen Aufseherhäuschens im Steinbruch an der Friedrichsgrunder Lehne, wo ich doch selbst Sandstürme beobachtet habe, konnte von einem auch nur irgendwie wahrnehmbaren Mattgeschliffensein des Glases keine Rede sein, obwohl die Scheiben schon mehrere Jahre der Witterung ausgesetzt sind und das vollkommene Fehlen von Vegetation einerseits, der Reichtum an Staub und Sand andererseits einer rezenten Korrasion die günstigsten Bedingungen liefern würden.

---

[1]) Beck, a. a. O. Seite 540.

An den Fensterscheiben des Wirtshauses auf dem Heuscheuergipfel war gleichfalls nicht die geringste Mattfärbung festzustellen. —

Ueberblicken wir jetzt noch einmal alle Beobachtungen, welche wir im Gelände über die Verwitterung der Quadersandsteine anstellen konnten, so gelangen wir selbst bei eingehendster Würdigung der Zeit als geologischen Faktor zu der Ueberzeugung, dass die Verwitterung der Quaderfelsen in unserer Periode eine minimale ist, und der Grund hierfür liegt klar auf der Hand: die Quadersandsteine verwittern lediglich mechanisch, die klimatischen Bedingungen aber sind viel zu wenig excessiv, um einen beträchtlichen Zerfall der Gesteine hervorzurufen.

Lebenslauf.

Am 13. September 1886 wurde ich, Karl Gustav Erich Obst, als Sohn des Hoteliers Paul Obst und seiner Ehefrau Anna, geb. Frank, evangelischer Konfession, zu Steglitz bei Berlin geboren. Nachdem ich den ersten Unterricht in der Gemeindeschule daselbst genossen hatte, wurde ich Ostern 1896 in die Sexta der dortigen Realschule aufgenommen, die ich Ostern 1902 mit dem Einjährigen-Freiwilligenzeugnis verliess. Nach dreijährigem Besuch der Hohenzollernschule in Schöneberg bestand ich Ostern 1905 das Abiturienten-Examen.

Ich bezog nunmehr die Universität Jena und widmete mich dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaften. Im Winter-Semester 1906 siedelte ich nach Breslau über und studierte nunmehr im besonderen Geographie, Mineralogie und Geologie. Im Sommer-Semester 1908 wurde mir die Stelle eines Hülfsassistenten am Geologischen Institut der Kgl. Universität Breslau übertragen, und im September desselben Jahres wurde ich zum wissenschaftlichen Hülfsarbeiter am Kolonialinstitut in Hamburg (Seminar für Geographie) ernannt.

Das Examen rigorosum bestand ich am 19. Mai 1909. Im Verlaufe meiner Studien besuchte ich die Vorlesungen und Uebungen der Herren Proffessoren:

von dem Borne, Capeller, Frech, Gutzner, Haussner, Hintze, Kühnemann, Leonhard, Linck, Lummer, Passarge, Pax, Rosanes, Sachs, Schaefer, Stern, Thomae, Volz, I. Walter, R. Walther, Winckelmann.

Allen meinen hochverehrten Lehrern sage ich meinen aufrichtigsten Dank, ganz besonders den Herren: Professor Passarge, Professor Hintze und Professor Frech.

Auch den Institutsassistenten, Herrn Dr. Baumann und Herrn Dr. Wysogorski bin ich zu tiefstem Dank verpflichtet.